

## И. В. Шашков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель Ю. А. Рудченко

В подавляющем большинстве современных устройств и механизмов различных сфер жизнедеятельности человека используются пружины различных типов, роль которых весьма разнообразна.

Надежность и качество работы таких механизмов существенно зависит от прочности пружин и надежности их работы. Определить соответствие качества пружин условиям их эксплуатации при переменных нагрузках позволяют динамические испытания.

Известен ряд стендов динамических испытаний пружин, построенных на основе использования различных механических преобразователей вида движения, что увеличивает их материалоемкость и ведет к росту потерь энергии.

Например, в Ижевском механическом институте созданы три разновидности стендов для испытания цилиндрических пружин на многократно повторную нагрузку. Преобразование движения в них осуществляется за счет кривошипно-кулисного, кривошипно-шатунного или кривошипно-эксцентрикового механизмов.

Известны гидравлические вибростенды, обладающие очень низким КПД. Например, в Республиканском конструкторском унитарном предприятии «ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике» имеется стендовый комплекс, который оснащен оборудованием, позволяющим производить испытания, начиная от образцов материалов, различных узлов, в том числе и пружин, и заканчивая испытаниями полнокомплектных машин. Имеются и специальные вибростенды на основе эксцентриковых механизмов, которые используются для проведения динамических испытаний пружин. Эти стенды состоят из асинхронного двигателя, насоса, гидромотора и эксцентрикового механизма. Поскольку механическое возвратно-поступательное движение рабочего органа получается путем неоднократного преобразования вида энергии: электрическая – кинетическая вращающегося вала асинхронного двигателя (АД) – потенциальная сжатой жидкости насоса – кинетическая вращающегося вала гидрона-

сосо – кинетическая возвратно-поступательного движения рабочего органа, то данный стенд является не только очень энерго- и материалоемким, но и обладает низким запасом надежности.

В сложившейся ситуации возникает актуальная необходимость создания стенда для испытания пружин, экономичного как с точки зрения материалоемкости, так и энергопотребления.

Одной из таких возможностей является создание нового класса испытательных стендов пружин на базе автоколебательной электромеханической системы.

Известно, что незатухающий автоколебательный режим возникает в консервативной паре «масса – упругость», если в процессе колебаний диссипативные силы компенсируются силами подпитки с нелинейной характеристикой. Данный подход можно реализовать в электромеханической системе «однофазный асинхронный двигатель – пружина». Здесь испытуемая пружина крепится непосредственно к валу АД вращательного движения или к бегуну линейного асинхронного двигателя (ЛАД), которые выступают в роли источников, компенсирующих диссипативные силы нагрузки. Причем однофазное электропитание дает требуемую нелинейную (Z-образную) механическую характеристику двигателя для компенсации сил диссипации.

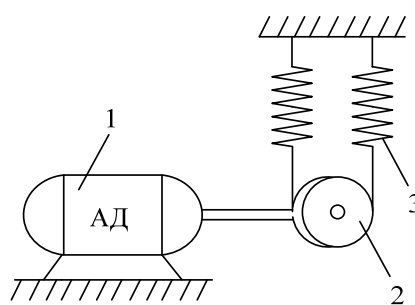
Таким образом, идея предлагаемого принципа построения заключается в создании автоколебательного стенда на базе электромеханической системы «однофазный асинхронный двигатель – пружина», где для получения автоколебаний не надо специально создавать консервативную пару, поскольку она возникает естественным образом в виде «масса бегуна линейного или момент инерции ротора асинхронного электродвигателя – упругость испытуемой пружины».

Актуальность и эффективность данного предложения становится очевидной, если учесть, что такой подход обеспечивает ресурсосбережение за счет существенного снижения материалоемкости стенда и уменьшения энергопотребления.

На кафедре «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого» создан опытный образец стенда испытаний пружин для изучения особенностей его работы (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Опытный образец стенда для испытания пружин:  
а – фото стенда; б – функциональная схема установки (1 – асинхронный электродвигатель; 2 – шкив; 3 – пружина)

Экспериментальная установка представляет собой трехфазный асинхронный электродвигатель, закрепленный на станине. На вал двигателя насажен шкив. Пружины растяжения одним концом крепятся к неподвижному основанию, а вторым концом через гибкий металлический трос – к шкиву. Для регулирования напряжения питания

двигателя стенд был оборудован лабораторным автотрансформатором типа ЛАТР-2М с диапазоном регулирования 0–250 В. Для измерения параметров работы АД в автоколебательном режиме стенд имеет ряд приборов. Для измерения параметров электропотребления используется комбинированный прибор Д522 с пределами измерения: по току – 0,1–50 А, по напряжению – 100–600 В. Для измерения фазных токов, протекающих в обмотках трехфазного асинхронного электродвигателя, имеются клещи токоизмерительные УТВ3201. Для измерения частоты вращения вала применялся бесконтактный оптический тахометр ДО-03-02. Для измерения фазных токов и напряжений использовали клещи токоизмерительные УТВ3201. Для измерения частоты вращения вала применялся бесконтактный оптический тахометр ДО-03-02.

Для работы в автоколебательном режиме двигатель подключают к сети по одной из схем однофазного включения [1]. В этом случае механическая характеристика асинхронного двигателя получается Z-образной, симметричной относительно начала координат. Экспериментально были исследованы возможные схемы включения двигателя и выбрана оптимальная (рис. 2).

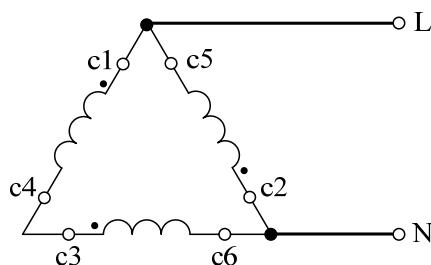


Рис. 2. Схема соединения обмоток трехфазного асинхронного электродвигателя при подключении к однофазной сети

При данной схеме включения потери мощности в двигателе наименьшие, скорость вращения вала двигателя при работе от однофазной сети наибольшая, возможный диапазон регулирования напряжения также наибольший.

В результате проведенных экспериментов были получены зависимости параметров колебательного движения (амплитуда и частота колебаний) от параметров электропитания (напряжения на обмотках двигателя) и нагрузки (жесткости пружин); а также энергетические параметры работы трехфазного асинхронного электродвигателя в автоколебательном режиме (потребляемую из сети активную мощность, КПД, значение силы тока и т. д.).

По результатам проведенных измерений и дополнительных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Частота колебаний не зависит от изменения напряжения питания двигателя.
2. Частота колебаний вала двигателя зависит от количества пружин, присоединенных к валу, с увеличением суммарной жесткости пружин частота колебаний увеличивается.
3. Амплитуда колебаний увеличивается с ростом напряжения питания двигателя.
4. С увеличением количества пружин, прикрепленных к валу двигателя, амплитуда колебаний вала уменьшается.
5. Частота и амплитуда колебаний зависят от схемы подключения трехфазного асинхронного двигателя к однофазной сети.

6. В зависимости от схемы подключения трехфазного асинхронного двигателя к однофазной сети двигатель в автоколебательном режиме может работать как на неустойчивой части механической характеристики, так и с «забеганием» рабочей точки в генераторный режим.

7. Двигатель потребляет из сети значительно меньше мощности, чем это требуется для растяжения пружин. Это говорит о том, что двигатель в рассматриваемой автоколебательной системе служит только для компенсации потерь мощности. Возвратно-поступательное (возвратно-вращательное) движение происходит за счет создания механического колебательного контура «масса – упругость» и сообщения данной системе начальной энергии – кинетической – в виде начальной скорости вращения вала двигателя (провернули вал) или потенциальной – в виде начального растяжения пружины.

#### Л и т е р а т у р а

1. Торопцев, Н. Д. Трехфазный асинхронный двигатель в схеме однофазного включения с конденсатором / Н. Д. Торопцев. – М. : НТФ «Энергопрогресс», 2000. – 72 с.